

## Анализ лихенофильной микобиоты представителей родов *Bryoria* и *Usnea* Беларуси

И.М. Болсун

В ходе ревизии лишайников родов *Bryoria* и *Usnea* Беларуси было выявлено 155 образцов, пораженных лихенофильными грибами. На образцах лишайников рода *Bryoria* найдено 3 вида лихенофильных грибов: *Lichenocodium lecanorae*, *L. usneae* и *Lichenostigma maureri*; на образцах лишайников рода *Usnea* – 8 видов: *Abrothallus usneae*, *Athelia arachnoidea*, *Biatoropsis rubicundae*, *B. usnearum*, *Cylindromonium lichenicola*, *C. rhabdosporum*, *Lichenocodium lecanorae*, *Lichenostigma maureri*. Для отмеченных видов определена видовая селективность при выборе лишайника-хозяина, определены наиболее и наименее часто поражаемые таксоны лишайников, а также выявлены территории Беларуси с наиболее высоким богатством лихенофильной микобиоты.

**Ключевые слова:** биоразнообразие, лихенофильные грибы, лишайники, распространение, субстрат, экология.

During the revision of lichen genera *Bryoria* and *Usnea* in Belarus, 155 specimens infected with lichenicolous fungi were identified. *Lichenocodium lecanorae*, *L. usneae* and *Lichenostigma maureri* were found on *Bryoria*, and *Abrothallus usneae*, *Athelia arachnoidea*, *Biatoropsis rubicundae*, *B. usnearum*, *Cylindromonium lichenicola*, *C. rhabdosporum*, *Lichenocodium lecanorae*, *Lichenostigma maureri* were identified on *Usnea*. For these fungi, host species selectivity was determined, the most and the least frequently infected lichen taxa were stated, as well as the territories of Belarus with the highest abundance of lichenicolous mycobiota were revealed.

**Keywords:** biodiversity, lichenicolous fungi, lichens, distribution, substrate, ecology.

**Введение.** Лихенофильные грибы представляют собой важную экологическую группу видов, которые обитают на лишайниках в качестве паразитов, патогенов широкого спектра действия, сапротрофов или комменсалов [1]. В настоящее время число признанных лихенофильных грибов составляет более 2300 таксонов различных классов отделов Ascomycota и Basidiomycota [2].

В результате исследования лишайников родов *Bryoria* и *Usnea* Беларуси [3]–[13] было выявлено 155 гербарных образцов лишайников, на слоевищах которых были обнаружены лихенофильные грибы. В связи с этим анализ лихенофильной микобиоты представителей родов *Bryoria* и *Usnea* является актуальной задачей.

**Материал и методы исследования.** Материалом для данного исследования послужили образцы лишайников родов *Bryoria* и *Usnea*, хранящиеся в гербариях Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины (GSU), Института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси (MSK-L), Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси (MSKH), Белорусского государственного университета (MSKU) и Ботанического института имени В.Л. Комарова Российской академии наук (LE). Всего было проанализировано 756 гербарных образцов лишайников родов *Bryoria* и *Usnea* (207 и 549 образцов, соответственно) сборов 1924–2018 гг. Дублетные сборы, хранящиеся в разных гербариях, принимали за один гербарный образец. Общее количество образцов без учета дублетного материала составило 624 гербарных конверта (162 образца рода *Bryoria* и 462 образца рода *Usnea*).

**Результаты и их обсуждение.** В результате исследования гербарных образцов лишайников родов *Bryoria* и *Usnea* было выявлено 3 вида лихенофильных грибов на представителях рода *Bryoria* – *Lichenocodium lecanorae*, *L. usneae* и *Lichenostigma maureri*, и 8 видов на представителях рода *Usnea* – *Abrothallus usneae*, *Athelia arachnoidea*, *Biatoropsis rubicundae*, *B. usnearum*, *Cylindromonium lichenicola*, *C. rhabdosporum*, *Lichenocodium lecanorae*, *Lichenostigma maureri*.

Среди выявленных видов лихенофильных грибов на лишайниках рода *Bryoria* наиболее часто встречается вид *Lichenostigma maureri*, представленный 14 образцами. Виды *Lichenosonium lecanorae* и *L. usneae* встречаются редко и представлены небольшим количеством образцов (2 и 1, соответственно) (рисунок 1).

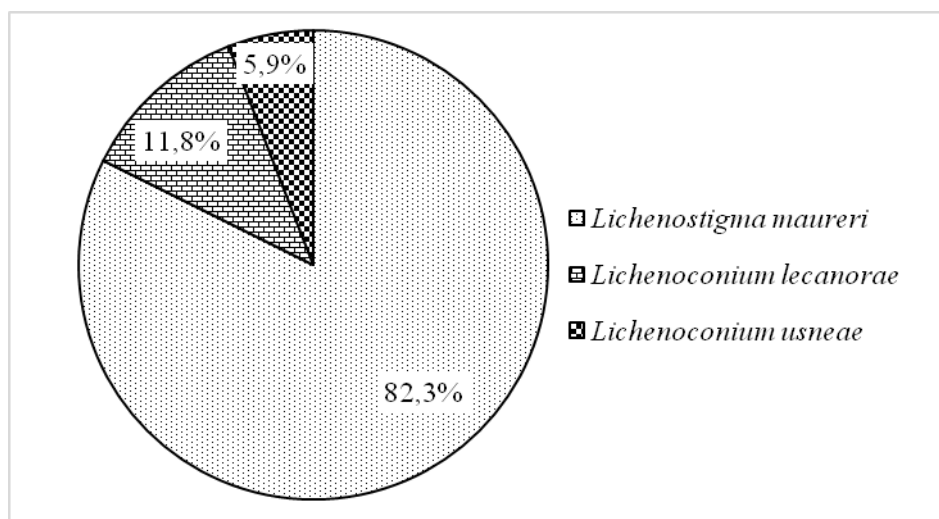


Рисунок 1 – Частота встречаемости лихенофильных грибов на представителях рода *Bryoria*

На лишайниках рода *Usnea* наибольшее количество образцов лихенофильных грибов (115, или 83,3 %) также принадлежат виду *Lichenostigma maureri*. В условиях нашей страны *L. maureri* приурочен к виду *Usnea hirta*, поражает около половины слоевищ данного лишайника. Существенных отличий в субстратной и экологической приуроченности *L. maureri* по сравнению с таковой лишайников-хозяев не отмечено, за исключением некоторого снижения доли образцов, пораженных лихенофильным грибом, собранных на дубе черешчатом. Наши исследования показали, что *L. maureri* встречается достаточно часто на территории Беларуси, преимущественно в северо-западных регионах страны, что отражает выявленную ранее встречаемость лишайников-хозяев [14]–[15]. Вторым по встречаемости является вид *Biatoropsis usnearum* (16 образцов, или 11,6 %). Вид *Lichenosonium lecanorae* представлен 2 образцами (1,4 %). Остальные виды (*Abrothallus usneae*, *Athelia arachnoidea*, *Biatoropsis rubicundae*, *Cylindromonium lichenicola*, *C. rhabdosporum*) встречаются крайне редко и представлены по 1 образцу (по 0,7 %) каждый (рисунок 2).

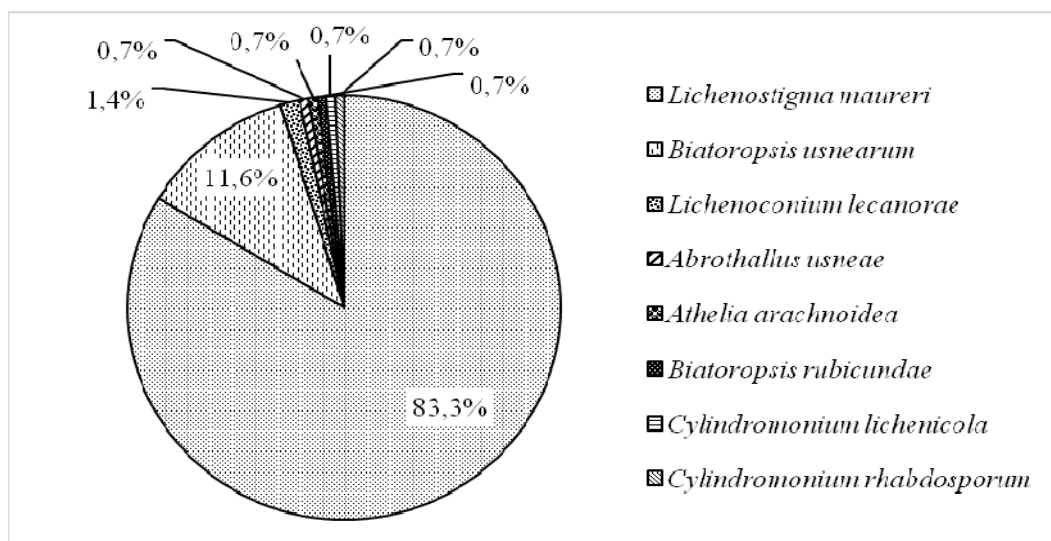


Рисунок 2 – Частота встречаемости лихенофильных грибов на представителях рода *Usnea*

Из всех лишайников рода *Bryoria* наиболее уязвимым к лишенофильным грибам оказался *B. vrangiana*, поражаемый 3 видами лишенофильных грибов: *Lichenocodium lecanorae*, *L. usneae* и *Lichenostigma maureri*. Вторым по разнообразию лишенофильной микобиоты является *B. implexa*. Данный вид лишайника поражен *Lichenocodium lecanorae* и *Lichenostigma maureri*. На *B. capillaris* и *B. nadvornikiana* встречается только один вид лишенофильных грибов – *Lichenostigma maureri* (рисунок 3).

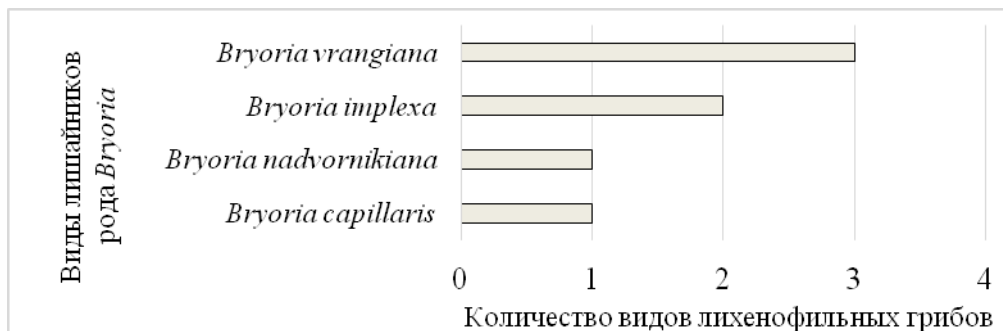


Рисунок 3 – Разнообразие лишенофильной микобиоты представителей лишайников рода *Bryoria*

Среди лишайников рода *Usnea* наиболее высоким богатством лишенофильной микобиоты характеризуется *U. hirta*. На образцах этого вида было найдено 4 вида лишенофильных грибов: *Cylindromonium lichenicola*, *C. rhabdosporum*, *Lichenocodium lecanorae* и *Lichenostigma maureri*. Вторым по разнообразию лишенофильной микобиоты является *U. subfloridana*, на котором было выявлено 3 вида лишенофильных грибов: *Athelia arachnoidea*, *Biatoropsis usnearum* и *Lichenostigma maureri*. Два вида лишенофильных грибов (*Abrothallus usneae* и *Lichenostigma maureri*) было обнаружено на *U. glabrescens* var. *glabrescens*. На *Usnea dasopoga*, *U. glabrescens* var. *fulvoreaegens*, *U. florida*, *U. intermedia*, *U. ceratina* и *U. praetervisa* было найдено по 1 виду лишенофильных грибов. Так на *U. dasopoga* и *U. glabrescens* var. *fulvoreaegens* был выявлен *Lichenostigma maureri*, на *U. florida* и *U. intermedia* – *Biatoropsis usnearum*, на *U. ceratina* – *Biatoropsis rubicundae* и на *U. praetervisa* – *Lichenocodium lecanorae* (рисунок 4).

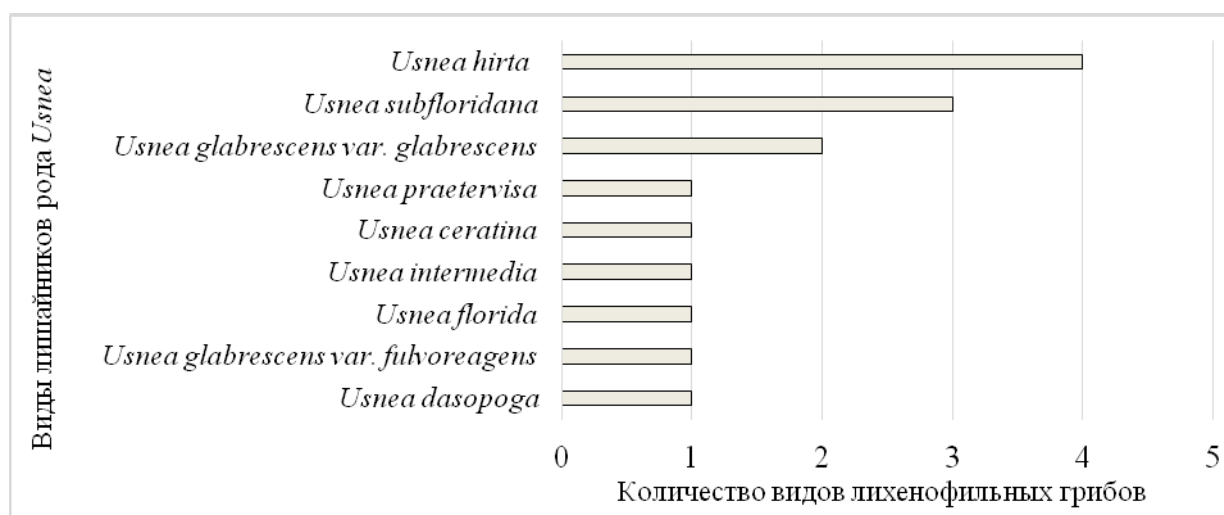


Рисунок 4 – Разнообразие лишенофильной микобиоты представителей лишайников рода *Usnea*

Наибольшую долю пораженных образцов среди представителей рода *Bryoria* имеет *B. capillaris* (3 образца, или 23,1 % от общего числа образцов этого вида лишайников). Все три образца поражены *Lichenostigma maureri*. Вторым по доле пораженных образцов является *Bryoria vrangiana* (8, или 13,1 %, из которых 6 образцов поражены *Lichenostigma maureri* и по 1 образцу – *Lichenocodium lecanorae* и *L. Usneae*). Количество пораженных образцов

*Bryoria implexa* составляет 3, или 9,4 % (2 образца поражены *Lichenostigma maureri* и 1 – *Lichenocodium lecanorae*) и *Bryoria nadvornikiana* – 3, или 9,1 % (все поражены *Lichenostigma maureri*) (рисунок 5).

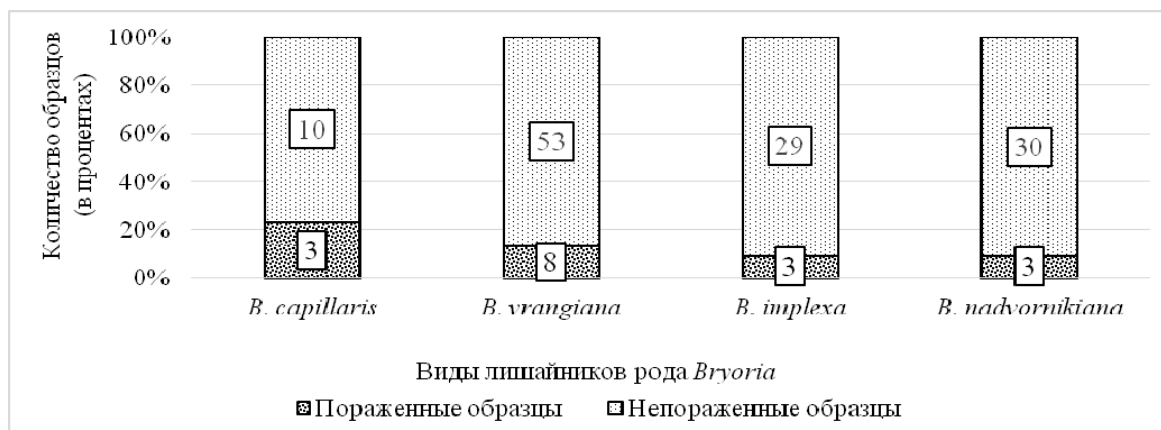


Рисунок 5 – Соотношение пораженных и непораженных лихенофильными грибами образцов лишайников рода *Bryoria*

Среди представителей рода *Usnea* наибольшую долю пораженных образцов имеют *U. praetervisa* – 100,0 % (1 образец поражен *Lichenocodium lecanorae*) и *U. hirta* – 45,7 % (72 образца поражены *Lichenostigma maureri*, по 1 образцу – *Cylindromonium lichenicola*, *C. rhabdosporum* и *Lichenocodium lecanorae*). Следует отметить, что в условиях нашей страны вид *Lichenostigma maureri* приурочен к виду *Usnea hirta*, поражая около половины слоевищ данного лишайника. У видов *Usnea glabrescens* var. *glabrescens* и *U. intermedia* было выявлено 33,3 % пораженных образцов (3 образца *Lichenostigma maureri* и 1 образец *Abrothallus usneae* у *U. glabrescens* var. *glabrescens*, а также 1 образец *Biatoropsis usnearum* у *U. intermedia*). Вид *U. subfloridana* имеет 29,9 % пораженных образцов (*Athelia arachnoidea* – 1 образец, *Biatoropsis usnearum* – 13, *Lichenostigma maureri* – 15). Наименее пораженными видами оказались *U. florida* – 22,2 % (2 образца поражены *Biatoropsis usnearum*), *U. dasopoga* – 18,2 % (22 образца поражены *Lichenostigma maureri*), *U. glabrescens* var. *fulvovireagens* – 15,0 % (3 образца поражены *Lichenostigma maureri*) и *U. ceratina* – 9,1 % (1 образец поражен *Biatoropsis rubicundae*) (рисунок 6).

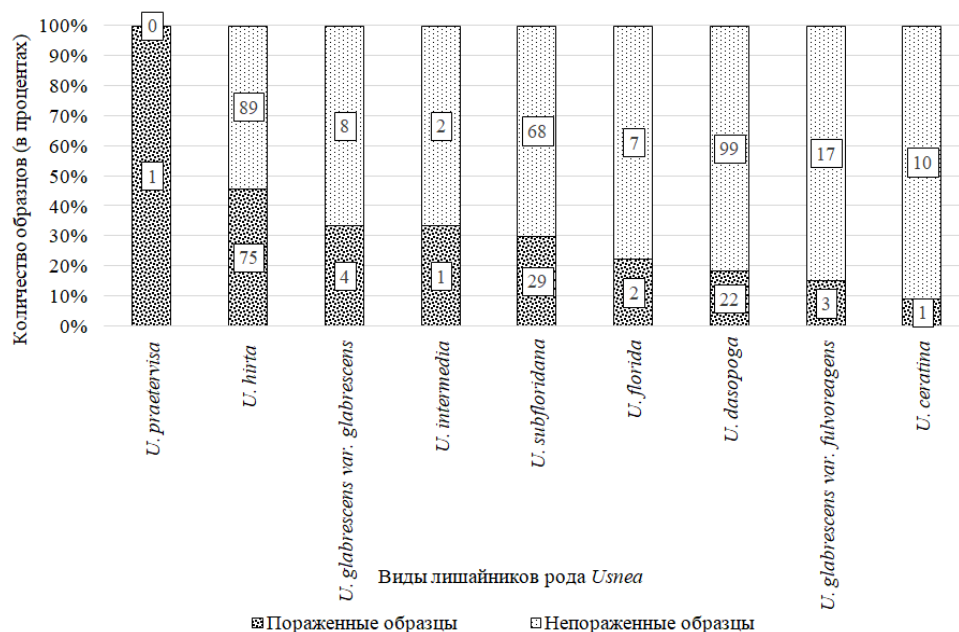


Рисунок 6 – Соотношение пораженных и непораженных лихенофильными грибами образцов лишайников рода *Usnea*

Большое количество пораженных образцов изучаемых родов лишайников (29,4 % для рода *Bryoria* и 57,2 % для рода *Usnea*) произрастали в пределах особо охраняемых природных территорий (ООПТ) (рисунки 7, 8, 9). Виды *Biatoropsis rubicundae*, *Cylindromonium lichenicola* и *C. rhabdosporum* встречаются только на территории НП «Беловежская пуща».

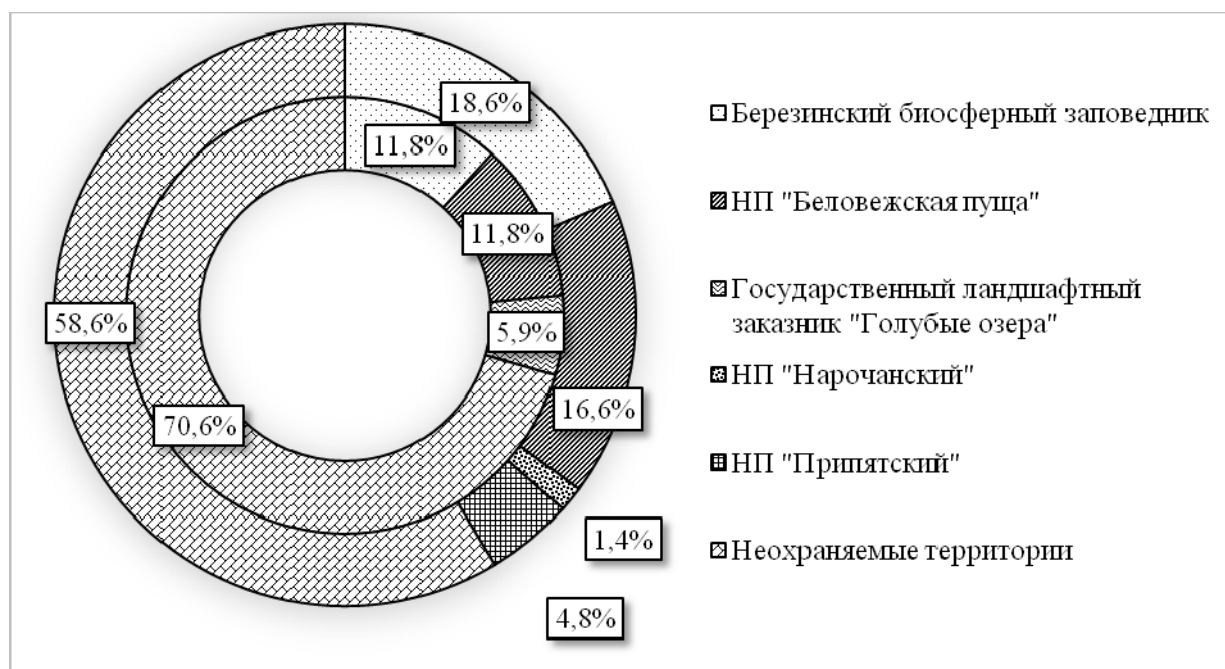


Рисунок 7 – Сравнение приуроченности к ООПТ лишайников рода *Bryoria*, пораженных (внутренний круг) и непораженных (внешний круг) лихенофильными грибами

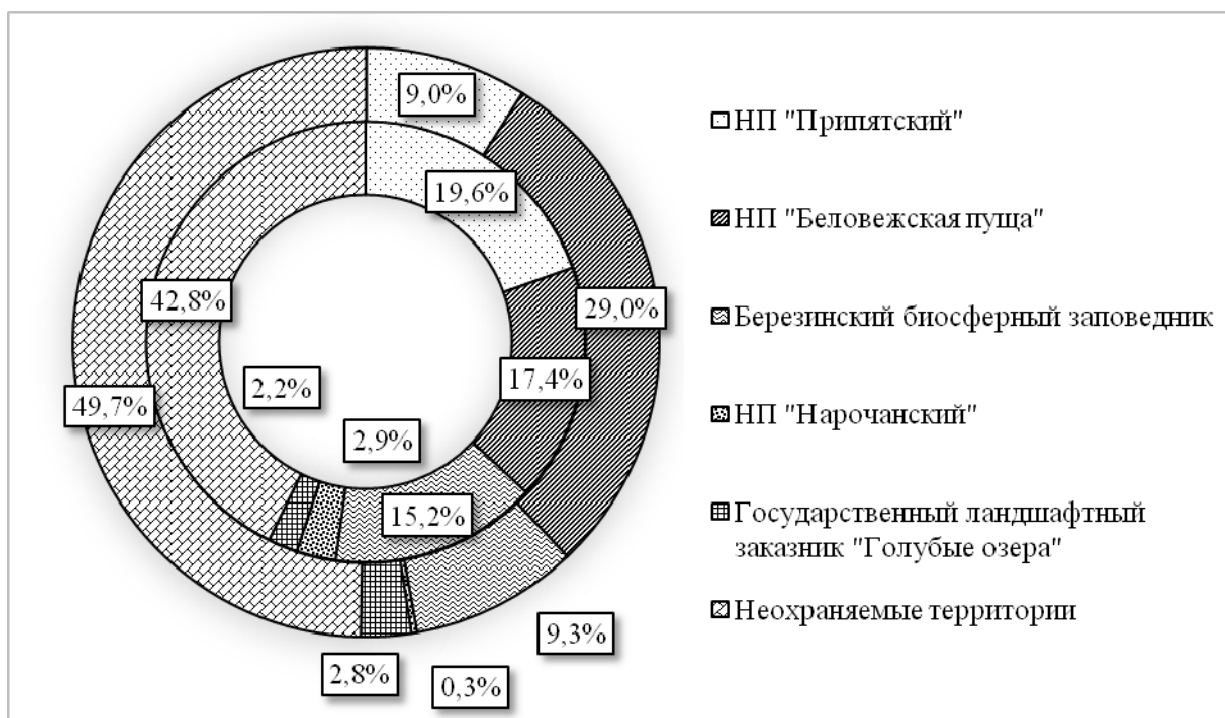


Рисунок 8 – Сравнение приуроченности к ООПТ лишайников рода *Usnea*, пораженных (внутренний круг) и непораженных (внешний круг) лихенофильными грибами

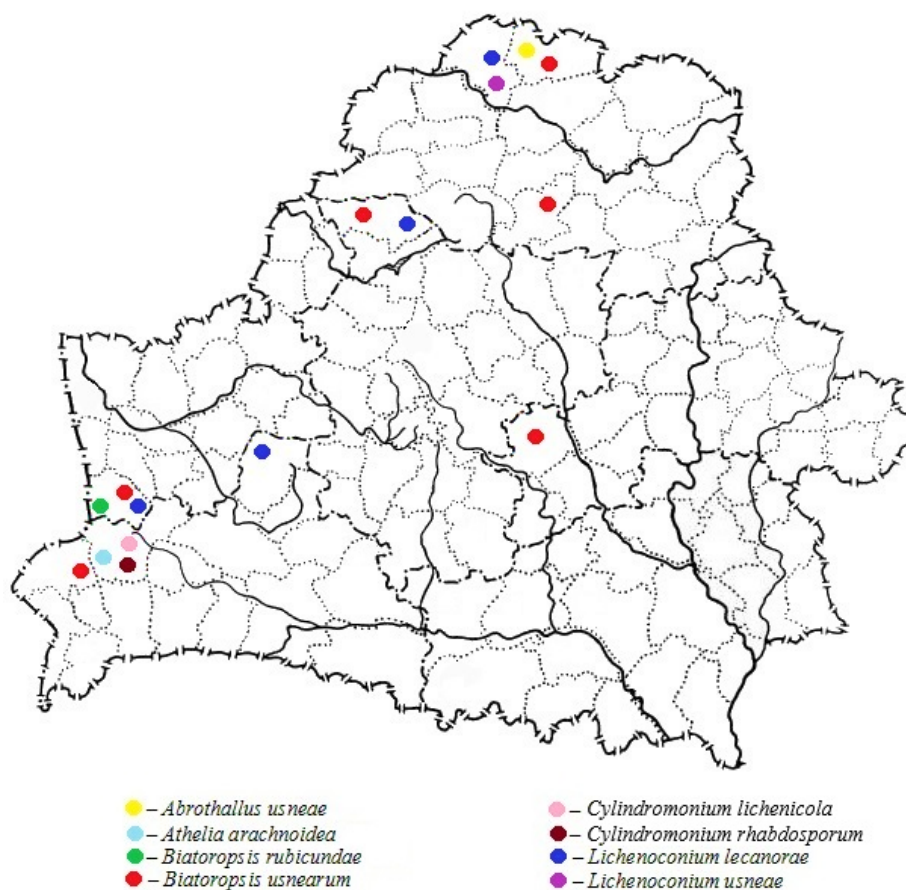


Рисунок 9 – Распространение выявленных лихенофильных грибов (за исключением *Lichenostigma maureri*) на территории Республики Беларусь

**Заключение.** В результате исследования лишайников родов *Bryoria* и *Usnea* было выявлено 155 образцов, пораженных лихенофильными грибами. На образцах лишайников рода *Bryoria* было найдено 3 вида лихенофильных грибов: *Lichenocmium lecanorae*, *L. usneae* и *Lichenostigma maureri*; на образцах лишайников рода *Usnea* – 8 видов: *Abrothallus usneae*, *Athelia arachnoidea*, *Biatoropsis rubicundae*, *B. usnearum*, *Cyldromonium lichenicola*, *C. rhabdosporum*, *Lichenocmium lecanorae*, *Lichenostigma maureri*.

Среди выявленных видов лихенофильных грибов на лишайниках родов *Bryoria* и *Usnea* наиболее часто встречается вид *Lichenostigma maureri*. Из лишайников рода *Bryoria* наиболее уязвимым к лихенофильным грибам оказался вид *B. vrangiana*, из лишайников рода *Usnea* – *U. hirta*. Наибольшее количество пораженных образцов выявлено на территории ООПТ. Виды, *Biatoropsis rubicundae*, *Cyldromonium lichenicola* и *C. rhabdosporum* встречались только на территории НП «Беловежская пуща».

**Благодарности.** Выражаю глубокую благодарность кандидату биологических наук, доценту Владимиру Владимировичу Голубкову (Гродно) и кандидату биологических наук, доценту, ученому секретарю Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси Павлу Николаевичу Белому (Минск) за предоставленные гербарные образцы родов *Bryoria* и *Usnea*.

## Литература

1. Lawrey, J. D. Lichenicolous fungi : interactions, evolution, and biodiversity / J. D. Lawrey, P. Diederich // Bryologist. – 2003. – Vol. 106. – P. 80–120.
2. Diederich, P. The 2018 classification and checklist of lichenicolous fungi, with 2000 nonlichenized, obligately lichenicolous taxa / P. Diederich, J. D. Lawrey, D. Ertz // Bryologist. – 2018. – Vol. 121, № 3. – P. 340–425.

3. Цуриков, А. Г. Ревизия лишайников рода *Bryoria* Беларуси. I. *B. capillaris* и *B. nadvornikiana* / А. Г. Цуриков, В. В. Голубков, П. Н. Белый [и др.] // Веснік БрДУ ім. А.С. Пушкіна. Серыя 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2023. – № 2. – С. 61–69.
4. Цуриков, А. Г. Ревизия лишайников рода *Bryoria* Беларуси. II *Bryoria implexa* s. lat. / А. Г. Цуриков, В. В. Голубков, П. Н. Белый [и др.] // Экспериментальная биология и биотехнология. – 2023. – № 2. – С. 65–80.
5. Цуриков, А. Г. Ревизия лишайников рода *Bryoria* Беларуси. III. *B. furcellata* и *B. fuscescens* / А. Г. Цуриков, В. В. Голубков, П. Н. Белый [и др.] // Веснік ГрДУ ім. Я. Купалы. Серыя 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2023. – Т. 13, № 2 – С. 118–124.
6. Цуриков, А. Г. Лишайники рода *Bryoria* Национального Парка «Припятский» / А. Г. Цуриков, В. В. Голубков, П. Н. Белый [и др.] // Мониторинг и оценка состояния растительного мира : материалы VI Международной научной конференции, Минск, 9–13 октября 2023 г. / Ин-т экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Б, НП «Припятский». – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – С. 331–333.
7. Tsurykau, A. The lichen genus *Usnea* (Parmeliaceae, Ascomycota) in Belarus / A. Tsurykau, V. Golubkov, P. Bely [et al.] // Herzogia. – 2024. – Vol. 37, № 2. – P. 270–287.
8. Болсун, И. М. Ревизия лишайников рода *Usnea* Беларуси. I. *Usnea hirta* / И. М. Болсун, А. Г. Цуриков, В. В. Голубков [и др.] // Веснік ГрДУ ім. Я. Купалы. Серыя 5, Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 159–167.
9. Болсун, И. М. Ревизия лишайников рода *Usnea* Беларуси. II. *Usnea florida* и *U. subfloridana* / И. М. Болсун, А. Г. Цуриков, В. В. Голубков [и др.] // Веснік МДУ ім. А.А. Куляшова. Серыя В, Прыродазнаўчыя навукі (матэматыка, фізіка, біялогія). – 2024. – № 2 (64). – С. 65–73.
10. Болсун, И. М. Ревизия лишайников рода *Usnea* Беларуси. III. *Usnea ceratina* и *U. wasmuthii* / И. М. Болсун, А. Г. Цуриков, В. В. Голубков [и др.] // Веснік ВДУ. – 2024. – № 4 (125). – С. 25–31.
11. Болсун, И. М. Ревизия лишайников рода *Usnea* Беларуси. IV. *Usnea glabrata*, *U. glabrescens*, *U. praetervisa* / И. М. Болсун, А. Г. Цуриков, В. В. Голубков [и др.] // Веснік БрДУ ім. А.С. Пушкіна. Серыя 5, Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2024. – № 2. – С. 5–14.
12. Болсун, И. М. Ревизия лишайников рода *Usnea* Беларуси. V. *Usnea barbata* и *U. dasopoga* / И. М. Болсун, А. Г. Цуриков, В. В. Голубков [и др.] // Веснік МДПУ ім. І.П. Шамякіна. – 2024. – № 2 (64). – С. 3–9.
13. Болсун, И. М. Ревизия лишайников рода *Usnea* Беларуси. VI. *Usnea cavernosa*, *U. intermedia*, *U. perplexans*, *U. substerilis* / И. М. Болсун, А. Г. Цуриков, В. В. Голубков [и др.] // Весці БДПУ. Серыя 3, Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2024. – № 3 (121). – С. 11–16.
14. Болсун, И. М. Экологическая приуроченность лишенофильного гриба *Lichenostigma maureri* (Lichenostigmatales, Phaeosomycetaceae) в Беларуси / И. М. Болсун // Известия ГГУ им. Ф. Скорины. – 2024. – № 6. – С. 12–17.
15. Болсун, И. М. Распространение лишенофильного гриба *Lichenostigma maureri* (Lichenostigmatales, Phaeosomycetaceae) в Беларуси / И. М. Болсун // ГГУ им. Ф. Скорины. – 2025. – № 3. – С. 5–10.